

团 体 标 准

T/CNS 16—2020

金属和合金在液态铅合金中 腐蚀减薄量测定

Determination for corrosion reduction of metals and alloys in liquid lead alloys

2020 - 04 - 28 发布

2020 - 08 - 01 实施

中国核学会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 一般要求 2

5 测量设备 2

6 试样 3

7 均匀腐蚀减薄量的测量 5

8 局部腐蚀量的测量 6

9 最大腐蚀减薄量计算 6

10 有效数字 7

11 试验报告 7

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由中国核学会提出。

本标准由核工业标准化研究所归口。

本标准起草单位：中国科学院合肥物质科学研究院（中国科学院核能安全技术研究所）。

本标准主要起草人：黄群英、罗林、姜志忠、朱志强、高胜、肖尊奇。

金属和合金在液态铅合金中腐蚀减薄量测定

1 范围

本标准规定了金属和合金在液态铅合金（包括纯铅、铅铋合金、铅锂合金等）环境下腐蚀减薄量的测量和计算方法。

本标准适用于金属和合金在液态铅合金环境中均匀腐蚀减薄量和局部腐蚀最大深度的测定。金属和合金在其他环境中腐蚀减薄量的测定，以及金属和合金涂层未失效情况下涂层的腐蚀减薄量的测定也可参考使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 4334 金属和合金的腐蚀 不锈钢晶间腐蚀试验方法（GB/T 4334—2008，ISO 3651-1: 1998、ISO 3651-2: 1998，MOD）

GB/T 6462 金属和氧化物覆盖层 厚度测量 显微镜法（GB/T 6462—2005，ISO 1463:2003，IDT）

GB/T 16545 金属和合金的腐蚀 腐蚀试样上腐蚀产物的清除（GB/T 16545-2015，ISO 8407:2009，IDT）

GB/T 18590 金属和合金的腐蚀 点蚀评定方法（GB/T 18590—2001，ISO 11463:1995，IDT）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

试样无损区域 **nondestructive region of sample**

腐蚀过程中，试样未受腐蚀介质影响的区域，如图1中灰色区域所示。

3.2

均匀腐蚀面 **uniform corrosion surface**

在均匀腐蚀区域，试样无损区域表面与腐蚀层之间的界面，如图1中实线所示。

3.3

腐蚀减薄量 **corrosion reduction**

腐蚀前后试样无损区域的尺寸变化值，等于腐蚀前试样原始表面与腐蚀后无损区域表面之间的距离。

3.4

局部腐蚀最大深度 **maximum depth of localized corrosion**

d_1

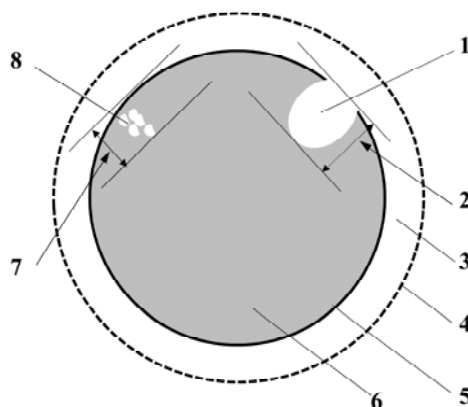
局部腐蚀最深处与均匀腐蚀面之间的垂直距离。见图1。

3.5

腐蚀渗透最大深度 **maximum depth of Corrosion penetration**

d_2

腐蚀渗透最深处与均匀腐蚀面之间的垂直距离。见图1。



说明：

- 1——局部腐蚀区；
- 2——局部腐蚀最大深度 d_1 ；
- 3——腐蚀层；
- 4——样品初始表面；
- 5——均匀腐蚀面；
- 6——无损区域；
- 7——腐蚀渗透最大深度 d_2 ；
- 8——渗透的铅合金。

图1 圆柱试样横截面腐蚀宏观形貌示意图

4 一般要求

腐蚀试验结束后，采用不会对基体造成二次损伤的合适方法去除试样表面残余的铅合金及腐蚀产物，保留试样无损区域；采用激光测径法获得圆柱或圆管表面试样的均匀腐蚀减薄量，同时结合试样表面分析及横截面分析获得局部腐蚀最大深度和腐蚀渗透最大深度，最终计算出金属和合金的最大腐蚀减薄量。

5 测量设备

5.1 激光测径仪

5.1.1 宜采用激光测径仪测量试样直径。也可采用其他具有等同测量精度且可直接测量直径的设备。

5.1.2 激光测径仪的显示分辨力宜达到 $0.1 \mu\text{m}$ ，激光束宽度应大于试样直径。

5.1.3 带自校准功能的激光测径仪每次开机后应进行自校准。无自校准功能的激光测径仪校准时间间隔应不超过 1 年。

5.2 显微镜等截面分析仪器

显微镜等截面分析仪器应符合GB/T 6462和GB/T 18590对相应测量设备的要求。

6 试样

6.1 试样形状

腐蚀试样宜选用圆柱或圆管试样。

6.2 试样尺寸

6.2.1 圆柱试样

圆柱试样的推荐尺寸见图2。

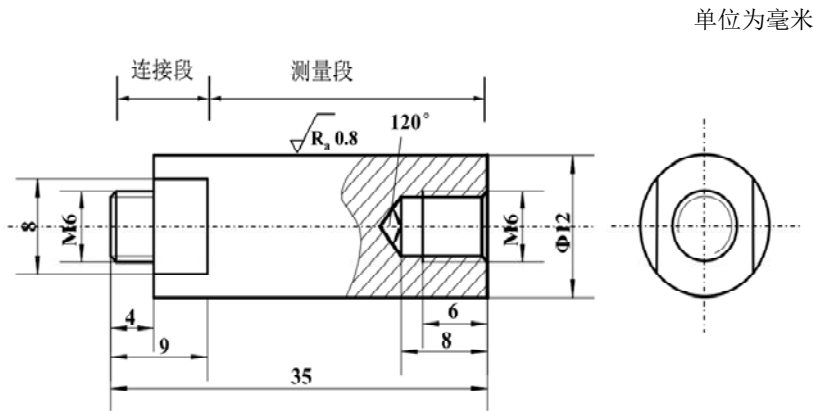


图2 圆柱试样推荐尺寸图

6.2.2 圆管试样

在圆管中插入与试样成分相同且外径略小于圆管内径0.2 mm~0.5 mm的棒材。测量段外层为管材，测量段内层及连接段为棒材。圆管试样的推荐尺寸见图3。

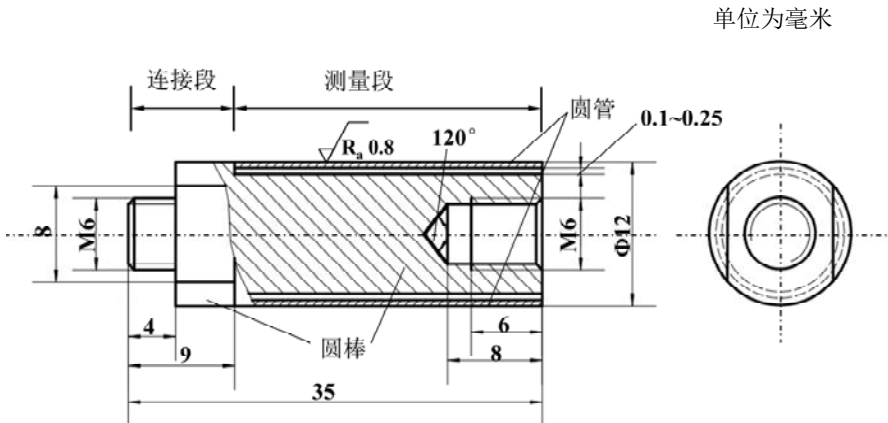


图3 圆管试样推荐尺寸图

6.2.3 各试样两端应通过内外螺纹配合方式（见图2和图3）以将多个试样串联连接。试样连接段的平台上宜加工试样永久唯一标记。

6.2.4 如试样尺寸难以满足推荐尺寸要求时，试样长度、直径等几何尺寸可根据材料实际尺寸进行调整，但测量段（包括螺孔段）的长度应不小于18 mm。当试样长度尺寸不能满足最小长度要求时，测量段长度应由测试双方协商，并在协议中注明。

6.3 试样类型和数量

在同一试验条件下，同一测试材料应准备两批试样。其中一批用于激光法获得试样的均匀腐蚀减薄量，称为表面试样；另一批用于显微镜法等方法观察横截面，称为截面试样。表面试样和截面试样的数量宜分别为1个~3个。

6.4 试样的取样方法

除产品技术条件或者合同中另有规定外，宜按照GB/T 4334的规定执行。

6.5 试样表面

6.5.1 原始表面

试样原始表面状态应尽可能接近材料服役时的表面状态，或使用磨床对试样进行表面加工，加工后试样表面应光滑、无油污、无可见锈斑、无可见裂纹、无气泡、无异物，且表面粗糙度 $R_a \leq 0.8 \mu\text{m}$ 。

6.5.2 腐蚀后表面

腐蚀后应去除表面试样样品附着的铅合金和腐蚀产物。去除原则及效果应符合GB/T 16545的规定，即去除试样表面所有腐蚀产物，且基本上不损害金属和合金的基体。而截面试样不去除表面附着的铅合金和腐蚀产物。

7 均匀腐蚀减薄量的测量

7.1 测量方法

采用激光法可测量腐蚀前后表面试样的直径，进而获得腐蚀前后表面试样半径的变化值 ΔR 。试样半径的变化值 ΔR 通过公式（1）计算：

$$\Delta R = (D_0 - D_1) / 2 \cdots \cdots (1)$$

式中：

ΔR ——腐蚀前后表面试样半径的变化值，单位为微米(μm)；

D_0 ——腐蚀前表面试样直径，单位为微米(μm)；

D_1 ——腐蚀后且去除腐蚀产物后表面试样直径，单位为微米(μm)。

7.2 试样的放置

测量时需将表面试样垂直放在激光器与接收器之间,通过测量接收器上激光束被遮挡的尺寸获得表面试样的直径,见图4。

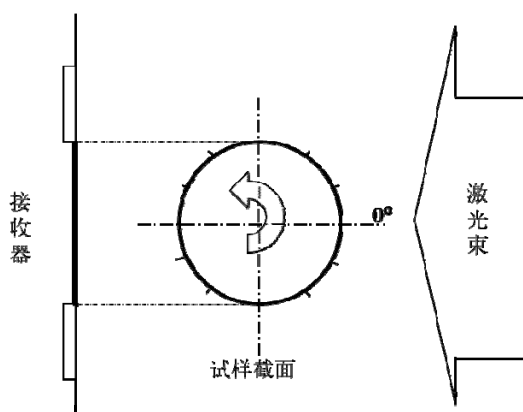


图4 激光法测量试样直径原理示意图

7.3 测量面的选取

7.3.1 宜至少在表面试样轴向选择 5 个等距平面进行腐蚀前后的直径测量。

7.3.2 各相邻测量面的间距及测量面与试样测量段两端的间隔应不小于 2 mm。

7.4 测量角度的选取

对于每个测量面,应选择5个~12个不同角度进行测量(见图4),相邻角度间应大于或等于30°。

7.5 数据处理

基于同一测量面、同一角度测量的腐蚀前后试样的直径,获得试样半径变化值 ΔR_n ,进而计算出 ΔR_n 的平均值,即表面试样的均匀腐蚀减薄量的平均值 L_0 。在计算平均值时应去除 ΔR 的负值和明显奇异点。当负值和明显奇异点数超过30%时,应重新测量。

$$L_0 = \overline{\Delta R_n} = (\overline{D_{0,n}} - \overline{D_{1,n}}) / 2 \quad \cdots \cdots (2)$$

式中:

$D_{0,n}$ ——在第 n 个测量位置,腐蚀前表面试样直径,单位为微米(μm);

$D_{1,n}$ ——在第 n 个测量位置,腐蚀后且去除腐蚀产物后表面试样直径,单位为微米(μm)。

ΔR_n ——在第 n 个测量位置,腐蚀前后表面试样半径的变化值,单位为微米(μm);

L_0 ——表面试样的均匀腐蚀减薄量,单位为微米(μm)。

7.6 标准偏差

采用95%的置信度计算 ΔR_n 平均值的标准偏差。

8 局部腐蚀量的测量

8.1 表面试样的测量

激光法测量结束后,需按照GB/T 18590的规定,肉眼或用手持式放大镜观察是否存在局部腐蚀区域。若无,则无需进行此测量。若有,则依据GB/T 18590的规定测量表面试样的局部腐蚀最大深度。若采用金相等破坏性方法测量局部腐蚀最大深度时,在切割试样时应不破坏腐蚀坑特征。

8.2 截面试样的测量

在垂直于轴向不同位置处切割出至少3个平行截面,并按照GB/T 6462和GB/T 18590的规定测量腐蚀渗透最大深度或局部腐蚀最大深度。

9 最大腐蚀减薄量计算

9.1 当试样发生均匀腐蚀时,最大腐蚀减薄量 $L_{\max}$ 等于均匀腐蚀减薄量 L_0 , 如公式(3)所示:

$$L_{\max} = L_0 \cdots \cdots (3)$$

9.2 当发生铅合金腐蚀渗透或局部腐蚀时,最大腐蚀减薄量等于均匀腐蚀减薄量 L_0 加上截面试样腐蚀渗透最大深度 d_1 、截面试样局部腐蚀最大深度 $d_{2, \text{section}}$ 、表面试样局部腐蚀最大深度 $d_{2, \text{surface}}$ 这3个物理量中的最大值,如公式(4)所示:

$$L_{\max} = L_0 + \max(d_1, d_{2, \text{section}}, d_{2, \text{surface}}) \cdots \cdots (4)$$

式中:

$L_{\max}$ ——最大腐蚀减薄量,单位为微米(μm);

d_1 ——截面试样腐蚀渗透最大深度,单位为微米(μm);

$d_{2, \text{section}}$ ——截面试样局部腐蚀最大深度,单位为微米(μm);

$d_{2, \text{surface}}$ ——表面试样局部腐蚀最大深度,单位为微米(μm)。

10 有效数字

本标准涉及的计算,均在小数点后取1位有效数字。

11 试验报告

试验报告至少应包括下列内容:

a) 标准编号。

- b) 试验日期。
 - c) 测量设备型号。
 - d) 试样信息：材料（牌号和标准、炉批号、化学成分等质量证明文件）、试样尺寸、试样表面状态、是否有涂层、试样编号。
 - e) 腐蚀试验参数：介质、介质氧浓度、介质流动速度、温度、腐蚀时间、腐蚀装置类型。
 - f) 试验结果：
 - 1) 腐蚀试验后试样表面状态描述及腐蚀产物清除方法的描述；
 - 2) 试样腐蚀特性，包括氧化腐蚀或溶解腐蚀、铅与铅合金渗透情况、局部腐蚀情况等；
 - 3) 均匀腐蚀减薄量，包括各个测量面的位置，各个测量面和各个角度测得的腐蚀前后试样的直径值、半径的变化值及其平均值和标准偏差；
 - 4) 表面试样的局部腐蚀最大深度及对应的测量方法；
 - 5) 截面试样平行截面的位置、局部腐蚀最大深度和腐蚀渗透最大深度；
 - 6) 最大腐蚀减薄量。
 - g) 试验异常记录（如有）。
 - h) 检测人员。
-